



A POLIANILINA E SEU POTENCIAL NA ENGENHARIA BIOMÉDICA COMO SENSOR PIEZORESISTIVO

João Lucas Pereira dos Santos de Paula¹, joaolucassantospaula@gmail.com
Gilson Maekawa Kanashiro(Orientador)², gilson.kanashiro@ifpr.edu.br

Resumo: Este trabalho é parte de uma revisão bibliográfica sobre materiais piezoresistivos, em que se vislumbrou potencial de uso da polianilina. Os materiais de cadeia orgânica, com propriedades semicondutoras, são o foco de várias pesquisas, pois são robustos, flexíveis, leves, apresentam custos e consumo baixos, bem como benefícios ambientais; ou seja, são excelentes materiais para eletrônica orgânica impressa. Verificou-se que a polianilina possui um potencial na aplicação de transdutores da área de Engenharia Biomédica, tanto em reabilitação quanto em diagnósticos.

Palavras-chave: Piezoresistivos; Transdutores; Polianilina; Engenharia Biomédica.

1 Introdução

William Thomson (Lord Kelvin) citou a variação de resistência do alongamento do ferro e cobre no ano de 1856, em fios usados em telégrafos (THOMSON, 1857). A variação da resistividade do silício e do germânio com a aplicação de uma força foi posto em evidência pela primeira vez em 1954 por Charles Smith (DOLL, 2013).

O objetivo deste trabalho, como parte de uma revisão bibliográfica, é evidenciar a polianilina e seu uso em sensores piezoresistivos, visando usar materiais menos nocivos ao meio ambiente e de baixo custo para construir transdutores piezoresistivos.

Os sensores de pressão podem ser construídos com materiais piezoresistivos

que variam sua resistência quando houver uma pressão exercida em sua estrutura (PATSKO, 2006).

Esta propriedade é mais comum em materiais semicondutores, como o silício e o germânio. Deve-se ressaltar que o efeito piezoresistivo altera a resistividade e o efeito piezoelétrico gera uma diferença de potencial (PATSKO, 2006).

Atualmente estudos buscam projetar polímeros com propriedades elétricas. As cadeias orgânicas, com propriedades semicondutoras, são frequentes, pois são robustas, flexíveis, leves, apresentam custos e consumo baixos, bem como benefícios ambientais; ou seja, são excelentes materiais para eletrônica orgânica impressa (RIVERA, 2014).

Em artigo da *European Polymer Journal*, os pesquisadores obtiveram um compósito de polianilina com polyamida-6,6 (um nylon), em que um dos testes obteve aproximadamente 0,75S/m a cada 1MPa (LOPES, 2016).

Tal pesquisa busca a melhoria das propriedades da polianilina, mas prezando as questões ambientais (FALLETTA, 2014).

Pensou-se, então, em sensores piezoresistivos aplicados na reabilitação de indivíduos.

A baropodometria é um exame que usa sensores, que avalia a pressão exercida na pisada com fins terapêuticos (FREITAS, 2008).

2 Metodologia

Nesta seção, abordam-se as

características dos materiais piezoresistivos, usados para a fabricação de sensores de pressão e qual é a matemática envolvida.

Grande parte dos piezoresistores são feitos em filmes de metal, com baixa resistividade e também baixa flexibilidade, o que diminui suas aplicações (YANG, 2013).

Uma das alternativas para melhorar a resistência é adicionar a polyamida-6,6 (nylon) à composição da polianilina para torná-la mais resistente (LOPES, 2016).

A piezoresistividade é um fenômeno que relaciona os conceitos de resistência elétrica e condutividade, considerando a pressão exercida sobre o material. Conforme Halliday (2009), para materiais ôhmicos, tem-se:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (1)$$

Na Equação 4, R é a resistência, ρ é a resistividade, L o comprimento e A área da seção do condutor. Para a condutividade conforme Halliday (2009) tem-se:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (2)$$

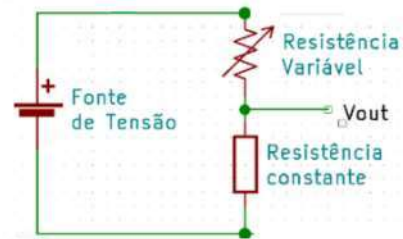
Como se observa na Equação 2, ρ é inversamente proporcional a σ .

Se a pressão exercida sobre o material for a mesma que a de referência não haverá alteração nas leituras (PATSKO, 2006).

Os divisores de tensão (Figura 1 e Equação 3) dividem-na proporcionalmente a uma razão de resistências. Conforme Nilsson (2016) para um divisor de tensão tem-se:

$$V_{var} = \left(\frac{R_{var}}{R_{var} + R_{const}} \cdot V_{fonte} \right) \quad (3)$$

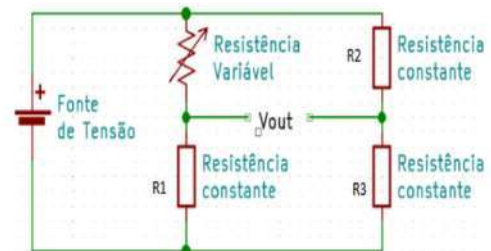
Figura 1 - Divisor de Tensão



Fonte: elaboração própria(2019).

Para a leitura de sensores é comum usar uma ponte de Wheatstone (Figura 2), cujos dois divisores de tensão fazem uma comparação de potenciais.

Figura 2 - Ponte de Wheatstone



Fonte: elaboração própria(2019).

A ponte na sua forma estável não possui diferença de potencial em V_{out} (NILSSON, 2016) e, com isso: tem-se:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_{var}}{R_2} = \frac{R_1}{R_3} \quad (4)$$

Considerando a Equação 4 onde I_2 é a corrente que passa pelos resistores de R_2 e R_3 , I_1 a corrente que passa pelos resistores de R_{var} e R_1 .

A resistência R_{var} (Figura 2) sofreria variação conforme a pressão exercida, criando uma diferença de potencial aferível em V_{out} .

Considerando a resistência variável como o possível transdutor piezoresistivo, já que ele varia a sua resistência de acordo com a pressão exercida, com isso pode-se fazer a leitura das grandezas físicas.

Na baropodometria, analisa-se a região plantar sobre uma plataforma que possui sensores, que avaliam a pressão exercida na pisada estática ou dinâmica (ou marcha, como na Figura 3) (FREITAS, 2008).

Figura 3 - Exemplo de máquina para exame de baropodometria



Fonte: Adaptado de Novel.

Pela natureza de seu funcionamento, existe a possibilidade de usar piezoresistores para desenvolver um baropodômetro.

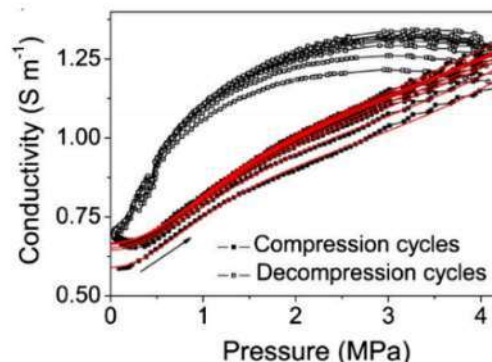
Também se pode usar os sensores piezoresistivos em próteses de onde sinais elétricos são transmitidos para o sistema nervoso, dando sensibilidade ao usuário a partir de forças normais e de cisalhamento (JUNG, 2015).

3 Resultados

Por ser de cadeia orgânica, as aplicações da polianilina se tornam ecologicamente mais viáveis, além de ser de baixo custo e possuir uma produção menos complexa se comparada a outros compostos (WANG, 2006).

Verifica-se no gráfico da Figura 4 a variação da condutividade em função da variação de pressão.

Figura 4 - Teste da variação da condutividade da PA-6,6/PAni-3



Fonte: Lopes(2016).

Pode-se visualizar que a reta vermelha varia aproximadamente 0,75S/m a cada 1 MPa aplicado sobre o material, com uma linearidade da condutividade na faixa de -2V a +2V(LOPES, 2016).

Existe a possibilidade de usar a polianilina para a fabricação dos sensores piezoresistivos, ela possui variação na sua condutividade a partir da pressão exercida logo varia sua resistência.

4 Conclusões

Como parte de uma revisão bibliográfica, este trabalho encontrou no composto polianilina e poliamida-3,3 (PA-6,6/PAni-3) um bom candidato para uso em um possível sensor piezoresistivo. De uma forma mais abrangente, as informações da revisão bibliográfica mostram que os compostos orgânicos têm um grande potencial para melhorar diversos componentes eletrônicos. Em particular, como apresentado, o uso da polianilina pode vir a contribuir com êxito, por conta da sua síntese com baixa complexidade e a vantagem de ser menos nocivo ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- DOLL, Joseph C.; PRUITT, Beth L. **Piezoresistor design and applications**. New York, NY, USA:: Springer, p.1-2, 2013.
- FALLETTA, E. et al. Development of high sensitive polyaniline based piezoresistive films by conventional and green chemistry approaches. **Sensors and Actuators A: Physical**, v. 220, p. 13-21, 2014.
- FREITAS, Ricardo Luiz Barros de. **Plataforma de força para aplicações biomédicas**. p.20, 2008.
- HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. Fundamentos de Física, volume 3: eletromagnetismo. **Halliday, Resnick, Jearl Walker: Tradução e revisão técnica, Ronaldo Sérgio de Biasi-Rio de Janeiro: LTC**, p. 140- 141, 2009.
- JUNG, Youngdo et al. Piezoresistive tactile sensor discriminating multidirectional forces. **Sensors**, v. 15, n. 10, p. 25463-25473, 2015.
- LOPES, Eluise S., Domingos, Eloilson et al. The role of intermolecular interactions in polyaniline/polyamide-6, 6 pressure-sensitive blends studied by DFT and ¹H NMR. **European Polymer Journal**, v. 85, p. 588-604, 2016.
- NILSSON, James W.; RIEDEL, Susan A. **Circuitos Elétricos, 10ª. Edição. São Paulo: Pearson Education do Brasil**, p. 65-75, 2016.
- NOVEL. **Novel quality in measurement**. [S.l.], 2015. Disponível em: <<https://www.novel.de/products/emed/>>. Acesso em: 16 de setembro de 2019.
- PATSKO, Luis Fernando. **Tutorial: Aplicações, Funcionamento e utilização de sensores**. Maxwell Bohr: Instrumentação Eletrônica. p. 55-56, 2006.
- RIVERA, R.; TEIXEIRA, I. **Perspectivas para a eletrônica orgânica no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 40, p. 427-479, 2014.
- THOMSON, William. XIX. On the electrodynamic qualities of metals:—Effects of magnetization on the electric conductivity of nickel and of iron. **Proceedings of the Royal Society of London**, n. 8, p. 546-550, 1857.
- WANG, Y.-G.; LI, H.-Q.; XIA, Y.-Y. Ordered whiskerlike polyaniline grown on the surface of mesoporous carbon and its electrochemical capacitance performance. **Advanced materials**, v. 18, n. 19, p. 2619-2623, 2006.
- YANG, Shixuan; LU, Nanshu. Gauge factor and stretchability of silicon-on-polymer strain gauges. **Sensors**, v. 13, n. 7, p. 8577-8594, 2013. 4 ISSN 2525-94585